

## EUROPEAN PATENT OFFICE

Express Mail Mailing Label No.: EL988704633US

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002219739  
 PUBLICATION DATE : 06-08-02

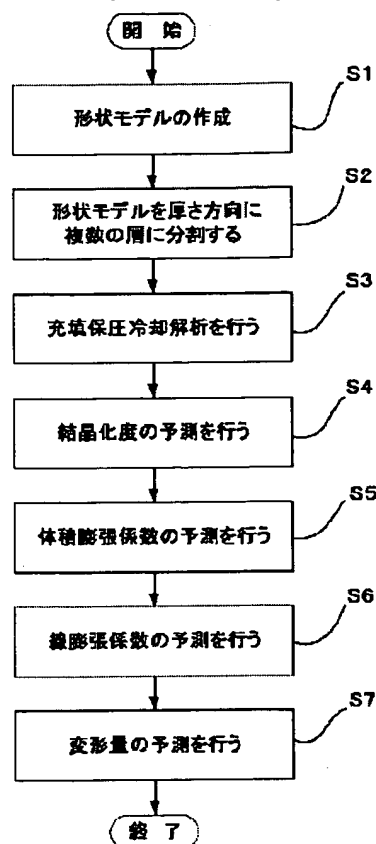
APPLICATION DATE : 26-01-01  
 APPLICATION NUMBER : 2001019258

APPLICANT : HITACHI METALS LTD;

INVENTOR : SASAKI MIKIO;

INT.CL. : B29C 45/76

TITLE : METHOD FOR ESTIMATING AMOUNT  
 OF CHANGE IN SHAPE OF  
 INJECTION-MOLDED ARTICLE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To estimate the amount of change in the shape of an injection molded article of a crystalline resin with high accuracy, by simulation using a shell model.

SOLUTION: In the present estimating method, the shell model of an injection- molded article is prepared by dividing each shell element of the model into a plurality of layers in the direction of thickness. The behavior of the resin is estimated in regard to each layer of each shell element divided into the layers in a plurality, and the direction of flow of the resin on release of the injection-molded article and a linear expansion coefficient in the direction intersecting the direction of flow perpendicularly are determined. The amount of change in the shape of the molded article after the release is estimated by using the direction of flow of the resin and the linear expansion coefficient.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-219739

(P2002-219739A)

(43)公開日 平成14年8月6日(2002.8.6)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 9 C 45/76

識別記号

F I  
B 2 9 C 45/76

ターミナル\*(参考)  
4 F 2 0 6

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-19258(P2001-19258)

(22)出願日 平成13年1月26日(2001.1.26)

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(72)発明者 寺倉 祐二

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式  
会社素材研究所内

(72)発明者 佐々木 幹夫

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式  
会社素材研究所内

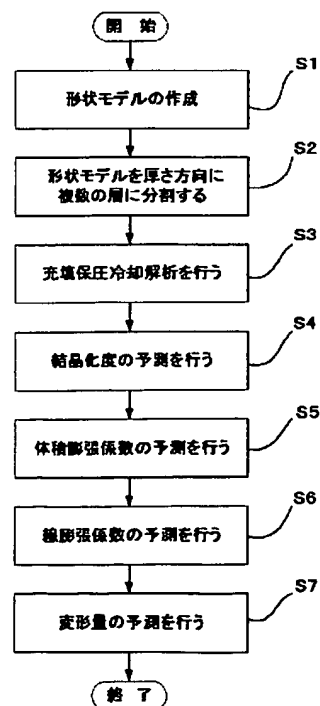
Fターム(参考) 4F206 AA04 AM23 AM32 AR12 JA07  
JP13

(54)【発明の名称】 射出成形品の変形量予測方法

(57)【要約】

【課題】 シェルモデルを用いたシミュレーションにより、結晶性樹脂からなる射出成形品の変形量を高い精度で予測する。

【解決手段】 射出成形品のシェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割したモデルを作成し、この複数の層に分割した各シェル要素の各層ごとに樹脂の挙動を予測して、射出成形品の離型時における樹脂の流動方向と、流動方向と直交する方向の線膨張係数を求め、これら樹脂の流動方向と、流動方向と直交する方向の線膨張係数を用いて射出成形品の離型後の変形量を予測する射出成形品の変形量予測方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シェルモデルを用いて結晶性樹脂からなる射出成形品の充填、保圧、冷却過程における前記樹脂の挙動を予測して、前記射出成形品の離型後の変形量を予測する方法において、前記シェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割したモデルを作成し、前記複数の層に分割した各シェル要素の各層ごとに樹脂の挙動を予測して、前記射出成形品の離型時における前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記樹脂の線膨張係数を求め、前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記線膨張係数を用いて前記射出成形品の離型後の変形量を予測することを特徴とする射出成形品の変形量予測方法。

【請求項2】 複数の層に分割した各シェル要素の各層ごとに樹脂の結晶化度を予測し、前記結晶化度から前記各シェル要素の各層ごとに前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記樹脂の線膨張係数を求めることを特徴とする請求項1に記載の射出成形品の変形量予測方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶性樹脂からなる射出成形品の離型後の変形量をシミュレーションにより予測する方法、特にシェルモデルを用いて変形量を予測する方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】プラスチック等の結晶性樹脂の射出成形においては、射出成形時の樹脂の充填挙動の解析、離型後のそり変形量の解析を行うために、コンピュータを利用したシミュレーションが広く利用されている。この射出成形過程のシミュレーションには、金型内における熔融樹脂の充填、保圧、冷却の各過程の挙動を予測する充填保圧冷却解析プログラム、金型から成形品を取り出した後のそり変形量を予測するそり変形解析プログラム等が利用されている。通常、これらの解析を行うときは、シェルモデルを用いた二次元の解析が行われている。この理由は、シェルモデルによる解析は肉厚を省略した面の集合としてモデル化できるため、メッシュ分割した解析モデルが簡単にできると、及びソリッドモデルによる三次元解析と比較して解析結果を短時間で得ることができることによる。

【0003】従来からプラスチック成形品の変形量をシミュレーションにより予測する方法は、図8に示す手順で行われている。この手順を説明すると次のようになる。

【0004】（手順t1）解析の対象となる射出成形品にランナ・ゲートを付けた形状モデル、すなわち、メッシュ分割した形状モデルを作成する。二次元の解析を行う場合は、肉厚を省略した多数のシェル要素にメッシュ分割したシェルモデルを作成する。この形状モデルの作

成は、充填保圧冷却解析プログラム等の解析プログラムに備えられているモデル作成プログラム、又は市販されているプリポストプログラムを利用することができる。

【0005】（手順t2）充填保圧冷却解析プログラムに、上記形状モデルのデータ、及び成形条件、プラスチック樹脂の熱流動特性等のデータを入力して、充填保圧冷却解析を行う。この解析では、金型内に充填され、熔融状態になったこのプラスチック樹脂の挙動を解析して、メッシュ分割した各シェル要素の充填過程での樹脂の流動方向、温度履歴、圧力履歴、体積収縮率等の予測データが得られる。

【0006】（手順t3）上記手順t2の充填保圧冷却解析で得たデータ及び、上記形状モデルのデータ、機械的特性データ（当該プラスチック樹脂のヤング率、ホアソン比、線膨張係数等）を変形解析プログラムに入力して、射出成形品が離型されて常温に低下するまでの変形量の解析、例えばそり変形量の予測を行う。このとき、そり変形量を予測するための離型時の線膨張係数は、形状モデルの各要素に一定の値を割り当てる。このそり変形解析では、充填保圧冷却解析で得た各シェル要素の体積収縮率を初期歪みとして、成形品が離型時の温度から常温になるまでの各シェル要素の熱ひずみを予測する。

【0007】（手順t4）上記手順t3で予測した各シェル要素ごとの熱ひずみから、常温における最終的な成形品のそり変形量を予測する。

【0008】一般的に、プラスチック材料は分子が鎖状につながった高分子構造をとっている。プラスチック材料に熱収縮が生じる場合、この分子鎖の軸方向と、軸方向と直交する方向とでは収縮量が異なる。プラスチック材料が熔融状態で、かつ負荷がかかっていない状態では、分子鎖の軸方向はランダムな方向を向いており、冷却時には等方向に収縮する。しかし、樹脂の流動時にせん断変形が生じたり、伸長されるような状態になった場合、分子鎖の軸はある方向に向きをそろえられる状態になる。この状態は、一般に分子配向といわれている。熔融状態の樹脂が固化して分子配向が残留した状態になっていると、分子配向とこの分子配向と直交する方向とでは、温度変化に対する熱膨張率が異なり、異方性収縮が生じる。すなわち、プラスチック樹脂においては、冷却するときには異方性収縮が生じるのである。

【0009】また、プラスチック材料は、結晶性樹脂と非結晶性樹脂とに分類することができる。結晶性樹脂が固化するとき、必ずしも完全に固化するわけではなく、結晶化した部分と非結晶の部分が混ざり合った状態になる。このプラスチック材料全体に対する結晶部分の割合を結晶化度といわれている。熔融状態のプラスチック材料はその冷却速度が変わると、結晶化度も変化することが知られている。当然、結晶部分と非結晶部分とでは温度変化に対する熱膨張率が異なるから、結晶化度が変化することにより収縮率、すなわち線膨張係数も変化する。

る。

【0010】実際のプラスチックの射出成形では、金型内におけるプラスチック樹脂の流れ（流動）や冷却状態は極めて複雑になり、成形品の部位によって分子配向や結晶化度が変化すると考えられる。このため、プラスチック成形品の部位ごとに収縮の方向性や熱膨張率が変化し、その結果、成形品全体では収縮率が不均一になり、最終的に成形品にそり変形が生じる。従って、射出成形品の変形量をコンピュータシミュレーションにより予測する場合には、射出成形品の部位ごとに収縮の方向性や熱膨張率を考慮した解析を実施しないと、予測精度は向上しないと考えられる。

【0011】従来のガラス繊維を含有していない非強化樹脂製射出成形品の変形量を予測するシミュレーション、特にシェルモデルを用いた二次元の解析においては、射出成形品の各部位ごとの成形条件、及びプラスチック樹脂の流動方向、及びこの流動方向と直交する方向の線膨張係数は一定として変形量の解析を行っていた。しかし、前記の通り、分子配向等の影響により、樹脂の流動方向や、この流動方向と直交する方向の線膨張係数は成形品の部位ごとに変化するものと考えられる。このため、従来のシェルモデルを用いた射出成形品のそり変形量の予測は、予測精度が低いという問題点があった。

【0012】射出成形品のそり変形量の予測精度を向上させる解析方法としては、次の対策案が提案されている。特開平8-230008号公報には、プラスチック成形品の収縮の異方性を考慮してそり変形の予測を行う方法が提案されている。同公報には、板厚方向の収縮率を $\epsilon_z$ 、面内方向の収縮率を $\epsilon_p$ 、体積収縮率を $\epsilon_v$ 、収縮係数をA、及びBとすると、

$$\epsilon_z = A + B \cdot \epsilon_v$$

$$\epsilon_p = (\epsilon_v - \epsilon_z) / 2$$

また、繊維入りの材料の場合は、面内流れ方向の収縮率を $\epsilon_L$ 、面内流れと直角方向の収縮率を $\epsilon_T$ 、流れ方向の熱膨張係数を $\alpha_L$ 、流れと直角方向の熱膨張係数を $\alpha_T$ とすると、

$$\epsilon_L = (\epsilon_v - \epsilon_z) \cdot \alpha_L / (\alpha_L + \alpha_T)$$

$$\epsilon_T = (\epsilon_v - \epsilon_z) \cdot \alpha_T / (\alpha_L + \alpha_T)$$

の関係式（収縮異方性の式）を計算に導入して、面内の収縮率を求め、そり変形の予測を行う射出成形品のそり変形の予測方法が開示されている。

【0013】特開平9-262887号公報には、結晶化度を考慮して成形収縮量を予測するシミュレーション技術が提案されている。同公報には、成形過程の樹脂温度、圧力、結晶化度のデータと任意の結晶化度における樹脂のPVT特性を求める方法を用いて、成形時の結晶化挙動に従った樹脂のPVT曲線と樹脂の比容積を計算し、さらに収縮率を予測する結晶性樹脂成形品における成形収縮シミュレーション方法が開示されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記特開平8-230008号公報には、プラスチック成形品の収縮の異方性を考慮して、板厚方向及び面内方向の収縮率を求め、これらの収縮率からそり変形量を予測する方法が開示されているが、解析モデルの各要素ごとに、流動方向、この流動方向と直交する方向等、収縮の方向性を考慮した解析方法については開示されていない。また、特開平9-262887号公報には、結晶化度から成形品の収縮率を予測する方法が開示されているが、解析モデルの各要素ごとに結晶化度を予測し、この結晶化度から各要素の収縮の方向性を考慮した線膨張係数を予測する方法については開示されていない。

【0015】本発明の目的は、上記従来のシェルモデルを用いた射出成形品の変形量の予測方法を改善し、変形量の予測精度が極めて高い射出成形品の変形量の予測方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、シェルモデルを用いて結晶性樹脂からなる射出成形品の充填、保圧、冷却過程における前記樹脂の挙動を予測して、前記射出成形品の離型後の変形量を予測する方法において、前記シェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割したモデルを作成し、前記複数の層に分割した各シェル要素の各層ごとに樹脂の挙動を予測して、前記射出成形品の離型時における前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記樹脂の線膨張係数を求め、前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記線膨張係数を用いて前記射出成形品の離型後の変形量を予測する射出成形品の変形量予測方法である。

【0017】さらに本発明においては、複数の層に分割した各シェル要素の各層ごとに樹脂の結晶化度を予測し、前記結晶化度から前記各シェル要素の各層ごとに前記樹脂の流動方向と、前記流動方向と直交する方向の前記樹脂の線膨張係数を求める射出成形品の変形量予測方法である。

【0018】なお、本発明においてシェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割する理由は次の通りである。図6(a)に示すようにMD-TD平面を有し材質がポリエチレンからなる平板を射出成形により製作し、この成形品の線膨張係数を測定してみた。線膨張係数を測定した箇所は、図6(b)に示すように表面に近い箇所（表面層）、断面の中央部近傍（コア層）、この表面層とコア層の中間部（中間層）の各数点である。また、線膨張係数は、図6(a)に示すように、樹脂の流動方向（MD）、この流動方向と直行する方向（TD）、板厚方向（ND）の3方向について測定した。

【0019】この測定結果を図7に示す。図7から明らかなように、厚さ方向の位置を示す表面層、中間層、コア層ごとにMD方向、TD方向、ND方向の線膨張係数は異なることが判明した。さらに、表面層からコア層に

向かうにつれて各方向の線膨張係数は大きくなることが分かった。このように、厚さ方向の位置により線膨張係数が異なる理由は、金型への樹脂の充填、保圧、冷却時において、樹脂の厚さ方向の位置により冷却速度が変化するため、この位置ごとに結晶化度が異なり、その結果、線膨張係数が異なってくると考えられる。従って、本発明は、シェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割してこの層ごとに結晶化度の予測を行い、この結晶化度を利用して線膨張係数を算出し、この算出した線膨張係数を使用して離型後の変形量を予測すれば、変形量の予測精度を向上させることが可能となる、という技術思想に基づいてなされたものである。なお、本発明において、シェルモデルの各シェル要素を厚さ方向に複数の層に分割する分割数は、解析対象品の肉厚の大きさにもよるが、5～30層、好ましくは5～20層とするのがよい。

#### 【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明を実施するためのシミュレーションシステムの構成を示すもので、ワークステーションあるいはパーソナルコンピュータ等のコンピュータから構成される。図1において、1はコンピュータ本体であり、CPU2及び内部記憶装置3等から構成されている。4はキーボード、マウス等の入力装置、5はCRT、プリンタ等の出力装置である。6は本発明を実施するための各種のプログラムやデータ等が記憶された外部記憶装置、例えばハードディスク装置である。この各種のプログラムとしては、形状モデル作成プログラム7a、充填保圧冷却解析プログラム7b、結晶化度予測プログラム7c、体積膨張係数予測プログラム7d、線膨張係数予測プログラム7e、そり変形量予測プログラム7fが記憶されている。上記の各プログラムを実行するときには、各プログラムは内部記憶装置3に読み込まれる。

【0021】外部記憶装置6には、上記の各プログラムを実行して得られた解析データを記憶する解析データ記憶部8、及び各プログラムを実行するときに必要とする各種のデータを予め登録している材料データベース9の記憶領域が確保されている。材料データベース9には、射出成形品の樹脂の材質ごとに、流動特性を表わす粘度、熱伝導率、比熱、PVT特性値、機械的特性を表わすヤング率、ポアソン比、さらに解析に必要な計算式の定数、及び成形条件のデータ等が記憶されている。

【0022】続いて、本発明を実施するための手順を図2に基づいて説明する。図2は本発明を実施するための手順を示すフローチャートである。

【0023】(ステップS1) このステップでは、解析対象となる射出成形品の形状モデル、すなわち、図3(a)に示すような二次元のシェルモデルを作成する。図3(a)は平板状の射出成形品のシェルモデル11を

示し、ランナ・ゲート12もつけた状態で、X-Y平面を多数のシェル要素13に分割したモデルである。なお、このシェルモデル11の作成は、図1に示す形状モデル作成プログラム7aを使用して作成する。なお、通常の場合、この形状モデル作成プログラム7aは市販されている射出成形品の充填保圧冷却解析プログラムに組み込まれているので、このプログラムを利用することができる。

【0024】(ステップS2) このステップでは、ステップS1で作成したシェルモデル11について、各シェル要素13を板の厚さ方向(図3(a)に示すZ軸方向)に複数の層、13a、13b、13c、…、に分割する操作を行う。この操作により、図3(b)に示すように、射出成形品のシェルモデル11を板厚方向に複数の層に分割された、あたかも三次元モデル的なシェルモデルにすることができる。このシェルモデル11の各シェル要素13を板厚方向に複数の層に分割する機能は、市販されている充填保圧冷却解析プログラムのモデル作成プログラムにも備えられているので、この機能を利用することができる。なお、この複数の層に分割する数は、前記の通り、5～30層、好ましくは5～20層とするのがよい。また、複数の層に分割した各層の厚さは同一、又は任意の厚さにすることも可能である。

【0025】(ステップS3) このステップでは、ステップS2で作成したシェルモデルについて、金型内における樹脂の挙動を予測する。このステップでは、材料データベース9に予め登録している成形条件データ、樹脂の熱流動特性値等を入力データとして、各シェル要素13の各層ごとに、充填過程における樹脂の流動方向、温度履歴、圧力履歴のデータ等を予測する。これらの予測データは、解析データ記憶部8に一時記憶する。このステップS3の処理は充填保圧冷却プログラム7bの制御に従って実行される。

【0026】(ステップS4) このステップでは、各シェル要素の各層ごとに、上記ステップS3で予測した温度履歴データと、材料データベース9に登録している樹脂の結晶化特性データ等から、結晶化度を予測する。この結晶化度の予測は、下記のAvramiの式(1)を用いて予測することができる。

#### 【0027】

【数1】

$$\frac{X(t)}{X_{\infty}} = 1 - \exp\left\{-(Kt)^n\right\} \cdots \cdots \cdots (1)$$

X: 結晶化度、 $X_{\infty}$ : 最大結晶化度、t: 時間、K、n: 定数

このステップS4の処理は、結晶化度予測プログラム7cの制御に従って実行される。

【0028】(ステップS5) このステップでは、ステップS4で予測した結晶化度Xを基にして、各シェル要

素13の各層ごとの体積膨張係数 $\beta$ を算出する。この体積膨張係数 $\beta$ は、下記の式を用いて算出することができる。そして、射出成形品を金型から離型する時点における結晶化度を算出する。

$$\beta = aX + b \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $a$ 、 $b$ は定数であり、予め材料データベース9に登録しておいた値を採用する。なお、定数 $a$ および $b$ は実際の成形品について、結晶化度と体積膨張率との関係を測定することにより求めることができる。このステップの処理は、体積膨張係数算出プログラム7dの制御に従って実行される。

【0029】(ステップS6) このステップでは、射出成形品を金型から離型する時点における樹脂の流動方向(MD)の線膨張係数 $\alpha_{MD}$ 、樹脂の流動方向と直交する方向(TD)の線膨張係数 $\alpha_{TD}$ を算出する。この算出方法は、ステップS5で求めた体積膨張率 $\beta$ を樹脂の流動方向(MD)と、この流動方向(MD)と直交する方向(TD)とに分配する分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ を用いて、下記計算式(3)、(4)から求めることができる。

$$\alpha_{MD} = \lambda_{MD} \cdot \beta \dots\dots\dots (3)$$

$$\alpha_{TD} = \lambda_{TD} \cdot \beta \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $\lambda_{MD}$ は流動方向(MD)の分配係数、 $\lambda_{TD}$ は流動方向と直交する方向(TD)の分配係数であり、 $\lambda_{MD} + \lambda_{TD} = 1$ である。なお、分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ は、予め材料データベース9に登録しておいた経験値を採用するか、ステップS3の充填保圧冷却解析で予測した樹脂の流動状態から算出することも可能である。分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ について経験値を求める方法は、数サンプルについて体積膨張係数 $\beta$ 、流動方向の線膨張係数 $\alpha_{MD}$ 、流動方向と直交する方向の線膨張係数 $\alpha_{TD}$ を測定することにより、各サンプルの分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ を算出することができる。また、分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ を充填保圧冷却解析の結果から予測する方法は、充填保圧冷却解析から得られる各方向の速度成分から内部歪み分布を算出し、材料データベース9に予め登録している歪み分布と分配係数の関係から、分配係数 $\lambda_{MD}$ 、 $\lambda_{TD}$ を求めることができる。このステップの処理は、線膨張係数算出プログラム7eの制御に従って実行される。

【0030】(ステップS7) このステップでは、射出成形品を金型から離型した後、常温に温度が低下するまでのそり変形量を予測する。このステップの処理は、上

記ステップS6で予測した各シェル要素の各層ごとの線膨張係数 $\alpha_{MD}$ 、 $\alpha_{TD}$ 、データベース9に登録している機械的特性データ、及びステップS2で作成したシェルモデル11のデータを入力データとして、各シェル要素の各層ごとの変形量を予測する。続いて、この変形量から射出成形品のそり変形量を予測する。このステップの実行により、金型から取り出した後の射出成形品の変形量や応力分布を予測することができる。解析結果は出力装置5に出力する。なお、このステップの処理はそり変形予測プログラム7fの制御に従って実行される。

【0031】

【実施例】(実施例1) 本発明の実施例について説明する。図4(a)に示すポリエチレン製平板の射出成形品14について変形量の予測を行った。なお、射出成形品14の寸法は、横300mm、縦130mm、厚さ8.5mmとし、サイドゲート15を設けた。そして、この形状の射出成形品14についてシェル要素数を約3000(節点数約1600)にメッシュ分割したシェルモデルを作成し、さらに各シェル要素を厚さ方向に20層の均等な厚さを有するように分割した解析用シェルモデルを作成した。続いて、図2に示すステップS2～S6の処理を行った。そして、このシェルモデルについて、射出成形して離型後、常温に冷却されたときの射出成形品14の各部位、すなわち側部L1、L3、La、Lc及び中央部の長さL2、Lbの変形量をステップS7に示す手順で予測し、その収縮率を求めてみた。このときの成形条件は表1に示すように2種の条件(成形条件1、2)について解析した。また、比較のために、従来の解析方法(シェル要素を層に分割しない解析方法)による解析を行って収縮率も求めてみた。さらに、表1に示す成形条件で実際に射出成形品14を成形し、同様に離型後の収縮率を実測してみた。図5(a)はこの収縮率の比較結果を示すグラフである。なお、収縮率とは、下記の式で表わされる値である。

【0032】

【数2】

$$\text{収縮率} = 1 - \frac{\text{成形品の該当する部位の寸法}}{\text{金型の該当する部位の寸法}}$$

【0033】

【表1】

成形条件	樹脂温度	金型温度	充填時間	保圧時間	保持圧力	冷却時間
1	250℃	40℃	1.0秒	7.0秒	60 MPa	12.0秒
2	250℃	25℃	1.0秒	15.0秒	37.5MPa	4.0秒

(注) 冷却時間は、保持時間が経過後、金型内で自然冷却した時間を示す。

【0034】図5(a)から明らかなように、本発明を用いた変形量の予測では、実測値と比較した予測誤差

は、従来の解析方法と比較して極めて小さくなることが判明した。すなわち、各測定箇所の収縮率の予測精度を平均すると、本発明は従来方法と比較して成形条件1では約7%、成形条件2では約33%ほど向上していた。

【0035】(実施例2) 実施例1と同様な手順により、図4(b)に示すポリエチレン製の管継手エルボ16(内径200mm)について変形量の予測を行った。なお、管継手エルボ16の解析用モデルは、一様な肉厚20mmを有し、シェル要素数が約5200(節点数約2700)にメッシュ分割し、さらに各シェル要素を厚さ方向に20層に均等に分割したシェルモデルを作成した。続いて、本発明により、管継手エルボ16の端部の直径方向の長さDx、このDxと直交する方向Dy、および胴部Lについて、離型後、常温に冷却されたときの

変形量を予測し、その収縮率を求めた。このときの成形条件は表2に示す通りである。また、比較のため、従来の解析方法(シェル要素を層に分割しない解析方法)による解析も行つて収縮率を求め、実際の射出成形品(成形条件は表2に示す条件と同一)の収縮率の実測値と比較してみた。図5(b)はこの収縮率の比較結果を示すグラフである。

【0036】

【表2】

	樹脂温度	金型温度	充填時間	保圧時間	保持圧力	冷却時間
成形条件	240℃	30℃	5秒	300秒	50 Mpa	50秒

(注) 冷却時間は、保持時間が経過後、金型内で自然冷却した時間を示す。

【0037】図5(b)から明らかなように、本発明を用いた管継手エルボの変形量の予測では、実際に成形した成形品に生じた変形量とほぼ同一の予測結果が得られた。

【0038】以上の本発明の実施例において、変形量の予測精度が向する理由は下記によるものと考えられる。

1) 本発明は二次元のシェルモデルを用いた解析を行っているが、成形品の肉厚方向を複数の層に分割し、この分割した各要素ごとに線膨張係数を求めている。そして、この線膨張係数を基にして離型後の各層に分割した要素ごとの変形量を予測しているので予測精度が向上するのである。すなわち、充填、保圧、冷却過程においては、肉厚方向の部位ごとに結晶性樹脂の流動方向、冷却速度が異なり、従って、結晶化度も異なってくる。本発明においては、シェルモデルを肉厚方向に複数の層に分割した各要素ごとに結晶化度を予測し、この結晶化度からこの分割した各要素ごとの線膨張係数を予測しているので、変形量の予測精度を向上させることができるのである。

【0039】2) 射出成形品の各部位の線膨張係数は、樹脂の流動方向、この流動方向と直交する方向とは異なる。本発明においては、肉厚方向を複数の層に分割した要素ごとに樹脂の流動方向、この流動方向と直交する方向の線膨張係数を予測し、これら線膨張係数を基にして射出成形品の変形量を予測するので、予測精度を向上させることができる。

【0040】以上に説明した発明の実施の形態の説明では、二次元のシェルモデルを用いて変形量を予測する方法について説明したが、三次元解析プログラムを利用してソリッドモデルを作成して変形量を予測することも可能である。この場合は、射出成形品の厚さ方向を複数のメッシュに分割した形状モデルを用いて解析すればよい。

【0041】

【発明の効果】以上に説明した本発明は、次の効果を有

している。

1) 射出成形品の変形量を二次元のシェルモデルを用いて予測しても、その予測精度を著しく向上させることができるので、予測結果をそり変形が発生しない金型設計に的確にフィードバックすることができる。

2) 本発明は、市販されている二次元の充填保圧冷却解析プログラムに、本発明を構成する結晶化予測プログラム、線膨張係数予測プログラム等を追加するのみで実施することができるため、三次元の充填保圧冷却解析プログラムと比較して解析コストを低下させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するためのシミュレーションシステムの構成を示す図である。

【図2】本発明を実施するために手順の概要を示すフローチャートである。

【図3】本発明に用いる形状モデルの一例を示す図であり、(a)シェルモデルの作成したときのシェル要素の形状を示す図、(b)はシェル要素を厚さ方向に複数の層に分割したときの分割状態の一例を示す説明図である。

【図4】本発明によりそり変形量を予測したときの射出成形品の形状を示す説明図であり、(a)は平板状射出成形品の形状を示す図、(b)は管継手エルボの形状を示す図である。

【図5】図4に示す射出成形品について、本発明および従来の方法によりそり変形量の予測を行ったときの予測精度を示すグラフであり、(a)は平板状射出成形品、(b)は管継手エルボの予測精度を示す。

【図6】本発明においてシェルモデルの板厚方向を複数の層に分割する必要性を示す説明図であり、(a)は樹脂の流動方向を示す図、(b)はシェルモデルの各シェル要素を板厚方向に複数の層に分割する必要性を示す図である。

【図7】図6に示す射出成形品について、板厚方向の各層について線膨張係数を測定した結果を示すグラフである。

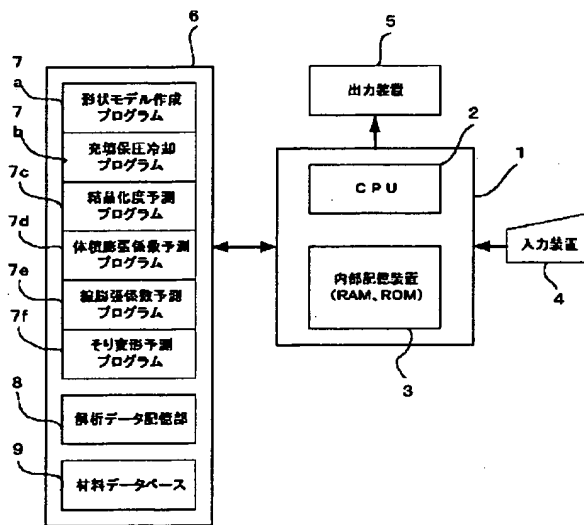
【図8】射出成形品の変形量を予測するときに、従来のシミュレーションの手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

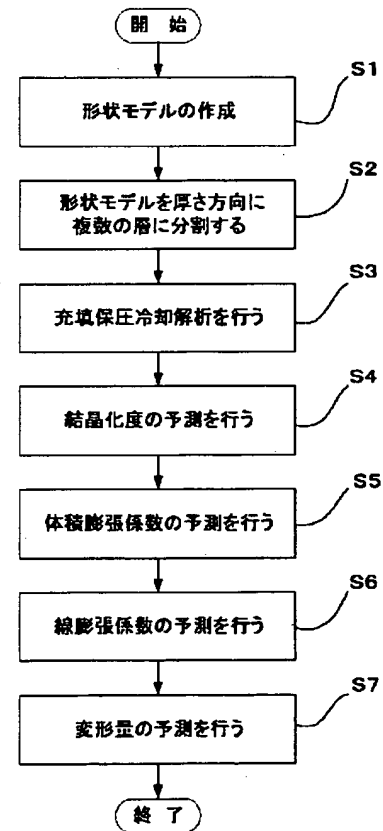
- 1：コンピュータ本体
- 2：CPU
- 3：内部記憶装置
- 4：入力装置
- 5：出力装置
- 6：外部記憶装置
- 7a：形状モデル作成プログラム
- 7b：充填保圧冷却解析プログラム
- 7c：結晶化度予測プログラム
- 7d：体積膨張係数予測プログラム
- 7e：線膨張係数予測プログラム
- 7f：そり変形予測プログラム
- 8：解析データ記憶部
- 9：材料データベース

- 7d：体積膨張係数予測プログラム
- 7e：線膨張係数予測プログラム
- 7f：そり変形予測プログラム
- 8：解析データ記憶部
- 9：材料データベース
- 11：シェルモデル
- 12：ランナ・ゲート
- 13：シェル要素
- 14：射出成形品
- 15：サイドゲート
- 16：管継手エルボ

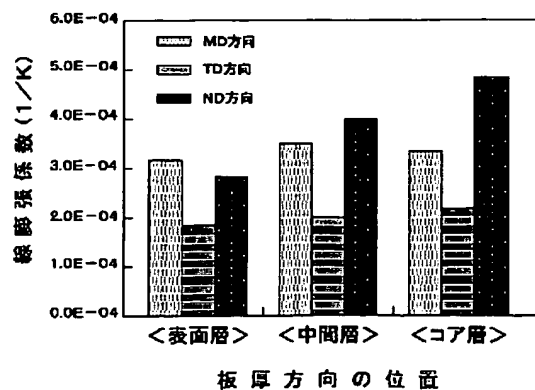
【図1】



【図2】

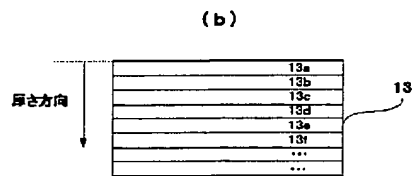
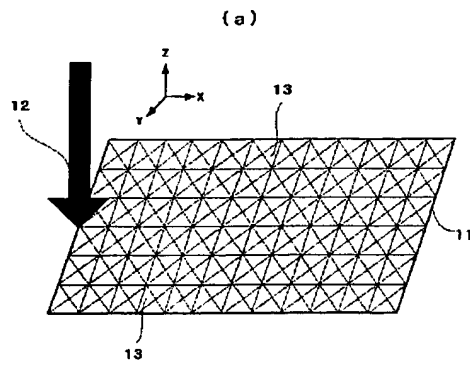


【図7】

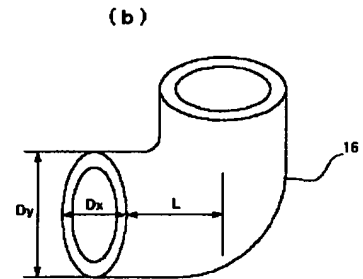
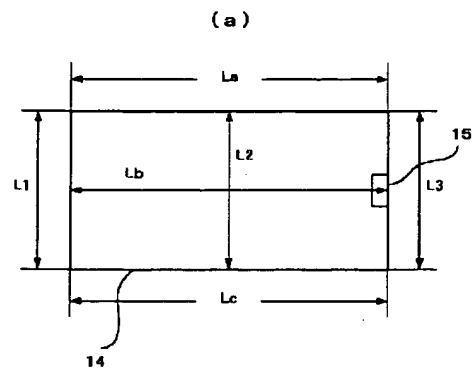




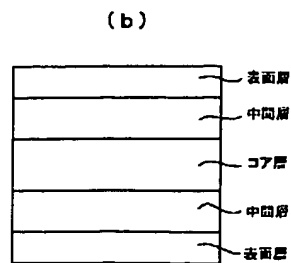
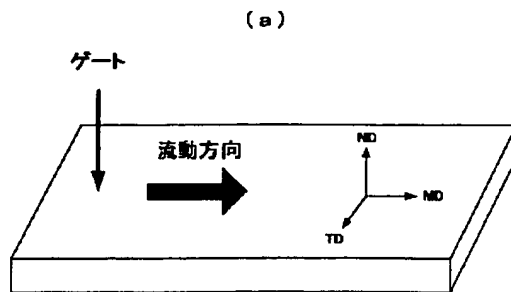
【図3】



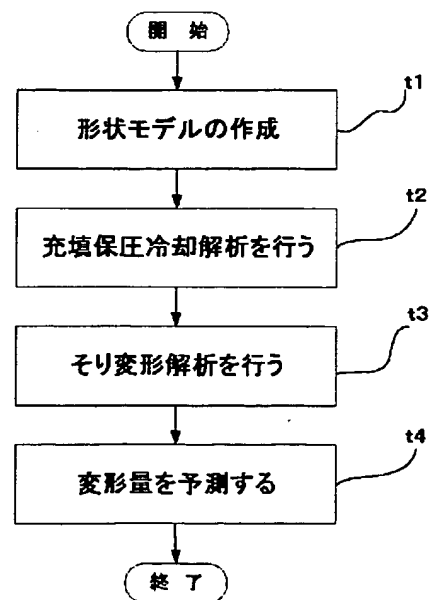
【図4】



【図6】



【図8】



【図5】

